I.T.I.S.

"ENRICO MATTEI" URBINO

A.S. 2010/2011

PILOTAGGIO DI UN BRACCIO ROBOTICO DA REMOTO (PC)

ELETTRONICA E TELECOMUNICAZIONI

Classe **5A**: **Bontempi** Stefano, **Brandi** Alessandro, **Carloni** Andrea, **Dini** Riccardo, **Federici** Luca, **Guidi** Mattia, **Serafini** Luca

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE

Le scienze recenti tra le più rivoluzionarie della storia dell'uomo stanno, nel corso dei decenni, sempre più intersecandosi, fondendosi, per migliorare e potenziare esponenzialmente i risultati a cui singolarmente o in compartecipazione parziale con le altre ci avevano abituato. Traguardi fino a ieri fantascientifici ed ora realizzabili, sono il frutto dell'immane contributo apportato dalle più recenti discipline scientifiche della storia dell'umanità: l'elettronica, la robotica e l'informatica, le cosiddette «nuove scienze».
Il progetto realizzato vuole essere a titolo esemplificativo in grado di presentare un prototipo robot in scala, funzionante e controllato da remoto per ampi campi di utilizzo: da quelli più ordinari come il lavoro in fabbrica o nei cantieri edili, fino ad arrivare ad emulare nelle intenzioni anche le sue applicazioni più complesse e pericolose quali l'attività in ambienti estremi dove, la cronaca ricorda, senza l'utilizzo di tali robot non sarebbe stato possibile né chiudere la falla della piattaforma petrolifera *Deepwater Horizon* esplosa in Luisiana, né riparare gli impianti di refrigerazione nell'ancora indomata centrale giapponese di Fukushima.
Questo progetto d'esame non vuole essere un *competitor* di strumentazione tanto avanzata né fautore di importanti nuove scoperte, ma costituire piuttosto, un'applicazione frutto delle conoscenze apprese e condivise in tre anni nonché esempio di collaborazione di un' equipe di studenti autonomamente organizzati, capaci di riprodurre un primo esempio di situazione lavorativa tipica della figura del perito o ingegnere: il cui fine è un buon prodotto per il mercato.

2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Con il progetto tecnico in esame si è realizzato un controllo a distanza da remoto pilotato da un operatore di un braccio robotico (denominato DENEB). Le decisioni dell'utente, atte allo svolgimento di una grande varietà di operazioni in termini pratici, verranno trasmesse tramite tastiera a PC e verranno calcolate, elaborate e inviate da un "cervello", detto microcontrollore, per riprodursi successivamente come conseguenze in movimenti o stasi del braccio robotico.
Il gruppo di lavoro si è suddiviso sostanzialmente al suo interno in altri 2 micro gruppi per progettare e realizzare l'apparato neurologico e funzionale necessario a controllare il braccio meccanico su volontà ed impulso dell' operatore gestente: in altre parole ideando, progettando e realizzando la parte hardware del progetto. Mentre l'anima del presente lavoro, ossia quella che permette la comunicazione ed il controllo del sistema, nonché lo stesso interfacciamento tra mondo reale e virtuale è stata resa dal gruppo di lavoro sviluppante il software gestionale. In una costante comunicazione e scambio di informazioni tra i due team si è potuto quindi procedere parallelamente per l'intera fase elaborativa e costruttiva in virtù di una maggiore efficienza in termini di tempi e costi, qualora si fosse trattato di progetto in campo lavorativo.
Sono ravvisabili 4 fasi per la comprensione del progetto realizzato:

1. TRASMISSIONE (UART con protocollo RS232 + FTDI; CNY; MAX9914);
2. ACQUISIZIONE ed ELABORAZIONE (µCZ8);
3. ESECUZIONE (L298 + motori);
4. CONTROLLO (ACS712; µCZ8).

3. ELENCO COMPONENTI UTILIZZATI

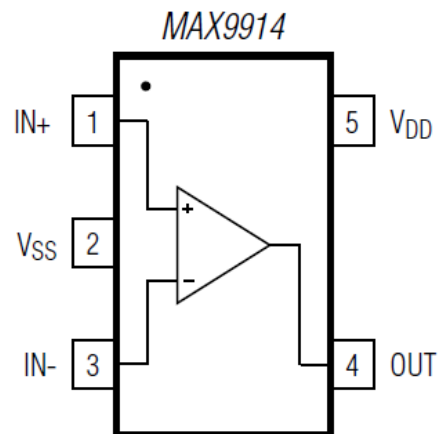
- MAX9914;
- ACS712;
- L298;
- CNY744;
- FT232RL;
- VBSD2 - S12 - S5 - SIP Series;
- L7805;
- LD33V;
- Z8F2480.

<table>
<tr>
<td>

MAX9914

Amplificatore operazionale *rail to rail*, ideali per alimentazioni singole (GND e Vcc). Utilizzato nel circuito come amplificatore della tensione in uscita ai sensori hall. Per mezzo della configurazione differenziale del MAX 9914 si è in grado di amplificare il piccolissimo segnale utile estinguendo al contempo l'off set dai sensori hall. Si ricorda che all'interno di ogni package è presente un solo amplificatore, per un totale di cinque pin.

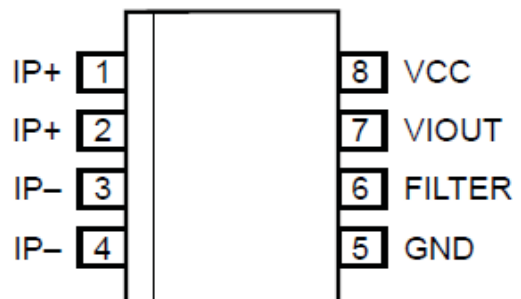
</td>
<td>

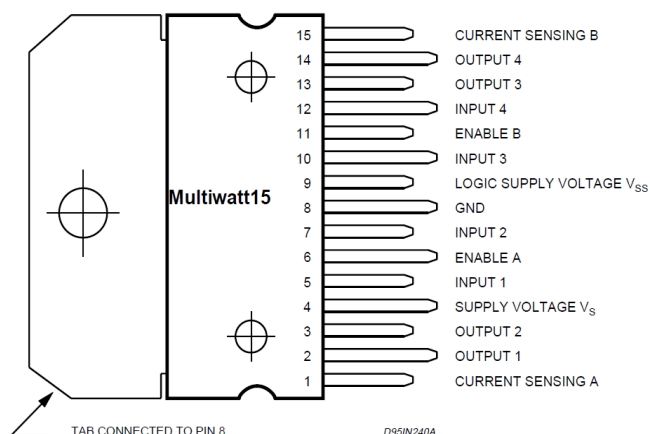
</td>
</tr>
</table>

<table>
<tr>
<td>

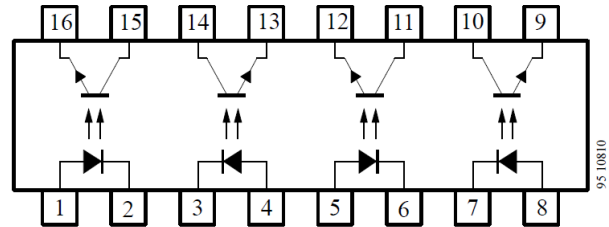
ACS712

I sensori hall ACS712 sono particolari dispositivi che, per mezzo del'effetto Hall, forniscono in uscita tensioni direttamente proporzionali al valore della corrente ai suoi ingressi (pin IP+ e IP-). Presentano il vantaggio di un completo disaccoppiamento tra corrente misurata e tensione erogata, tale da separare la parte logica e la parte ad alta potenza del circuito (isolamento galvanico). Questo evita che si possa verificare un danneggiamento al M.C.U. in caso di guasto o di falso contatto.

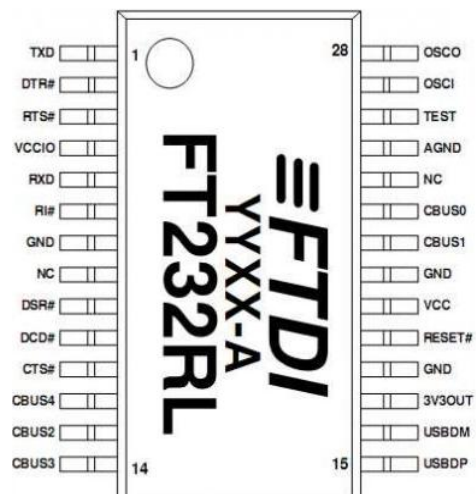
</td>
<td>

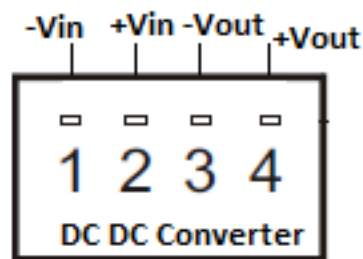
</td>
</tr>
</table>

L298

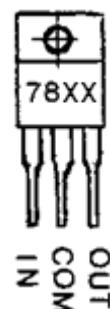
Driver per motori in continua. Permette la contemporanea erogazione di due differenti tensioni: la prima caratterizzata dall'alto voltaggio che la contraddistingue (7,5÷50V bidirezionali), l'altra fornendo in ingresso una tensione relativamente bassa, ossia TTL compatibile (0÷5V). L298 produrrà pertanto in uscita tensioni elevate per il controllo diretto dei motori. Ogni componente L298 è in grado di controllare complessivamente, anche contemporaneamente, due motori. Per ogni motore riceve 3 ingressi, eroga 2 tensioni e dispone inoltre di un pin che produce la stessa intensità di corrente che circola momentaneamente sul motore gestito. Ogni motore è caratterizzato dalla presenza di due ingressi (le due tensioni in uscite del L298), i quali, in base alla combinazione binaria ottenuta dagli ingressi del driver produrranno il rispettivo movimento dei motori.
Carattere di predominanza tra i tre ingressi è il valore assunto dall'ENABLE. Ogniqualvolta il valore binario di quest'ultimo risulti essere alto (5V, valore logico 1) è permesso il movimento del motore in base ai valori forniti dagli altri due ingressi (Input 1 e 2). Inversamente, presentandosi all' ENABLE un valore basso (0V valore logico 0) i motori fino qui considerati non produrranno alcuna modificazione dell'assetto precedentemente assunto. Trattasi quindi di componente integrato attivo alto.
Altra caratteristica peculiare di suddetto componente è quella di poter verificare, grazie al pin specifico di controllo, il valore della corrente percorrente i motori. Si ricorda infine che proprio quest'uscita del L298 costituirà l'ingresso dell'HALL ACS712.

CNY744

L'utilizzo dell' optoisolatore CNY744 risulta essere fondamentale ogniqualvolta per necessità o sicurezza si rende necessario separare elettricamente due circuiti altrimenti, per le loro caratteristiche (di tensione, di potenza o di corrente), inconciliabili fra loro. Il CNY744 è un componente fotosensibile ovvero permette una comunicazione di informazioni per irradiazione luminosa da un circuito all'altro, senza il rischio d'incorrere in malfunzionamenti, problemi o danneggiamenti dovuti dall'interconnessione diretta dei due circuiti.
Detti anche optoisolatori i CNY744 utilizzati, hanno la funzione di separare fisicamente (isolamento galvanico) i due circuiti ad alta e bassa tensione (L298 e µC), che altrimenti per errori umani o dovuti al non corretto funzionamento dei componenti comporterebbero irrimediabilmente la rottura del micro. La comunicazione avverrà quindi per irradiazione luminosa.

CNY74-4

FT232RL

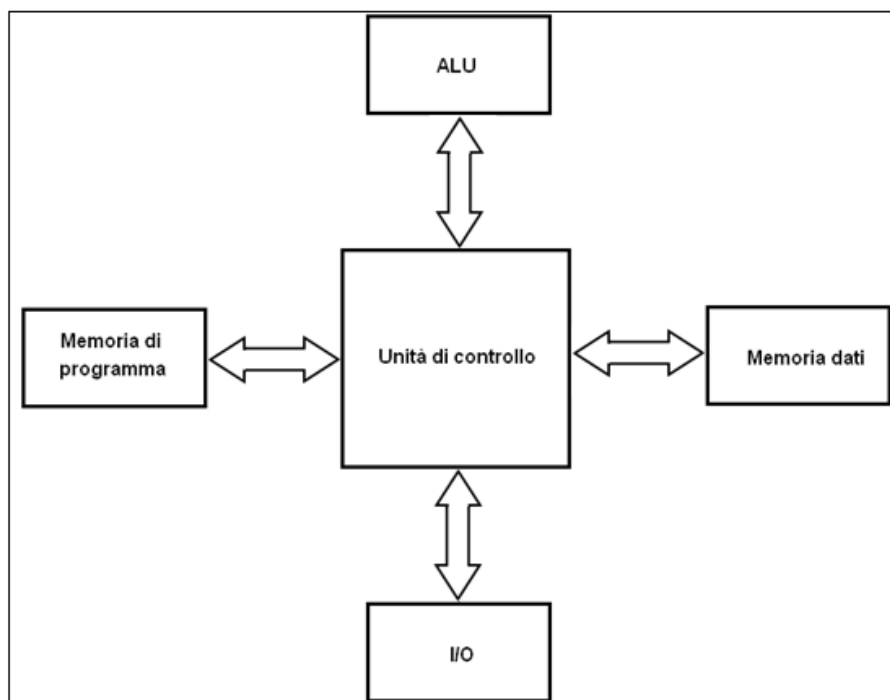
Componente integrato utilizzato per la conversione del protocollo USB (485) al protocollo Seriale (232), viene utilizzato come collegamento al PC un cavo USB ma viene rilevato come interfaccia COM Seriale. La scelta è derivata dalla caduta in disuso della porta seriale su tutti i PC di ultima generazione a favore del protocollo USB, e al contempo rispondendo alla necessità di comunicare con protocollo 232 tra PC e microcontrollore. Da qui si è optato per un interfaccia in grado di convertire i segnali in entrambe le direzioni, non precludendo così l'utilizzo della scheda con i PC più recenti non dotati di porta seriale.

VBSD2 - S12 - S5 - SIP SERIES

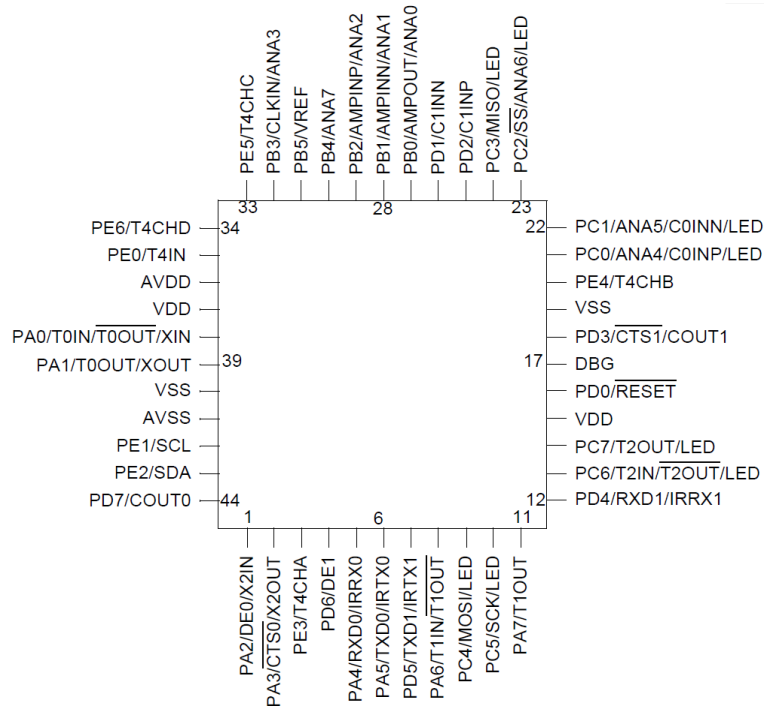
Con una stessa alimentazione e quindi alimentatore, grazie all'convertitore DC/DC si è in grado di produrre in uscita una tensione fissa (di fatto si comporta come uno stabilizzatore di tensione), nel caso specifico 5V, avendo in ingresso al componente una tensione compresa nel range 10,8 ÷ 13,2 V. Vantaggio caratteristico del convertitore in analisi è quella di avere un riferimento a massa interno e quindi del tutto indipendente dal segnale applicato in ingresso. Il tutto si riverbererà sui vantaggi concernenti le dimensioni stesse nonché sulla comodità, dovendo riferirsi ad un unico e solo alimentatore per il funzionamento complessivo del circuito in esame.

L7805

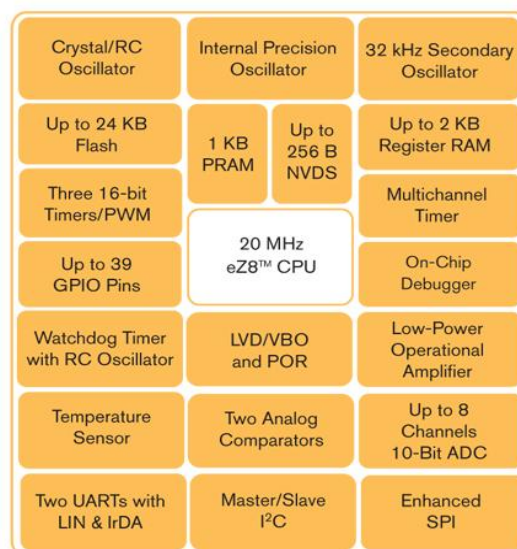
Per il progetto si è ricorso allo stabilizzatore di tensione della famiglia L78xx, per la precisione il 7805 per stabilizzare 5V (avendo in ingresso un segnale variabile 7÷25V).

LD33V

LD33V è uno stabilizzatore in grado di fornire una tensione stabile di 3,3 V, utile per l'alimentazione dello Z8. Per un corretto funzionamento dello stabilizzatore in analisi la tensione in ingresso non deve essere superiore a 15V.

Z8F2480

Il microcontrollore è un' evoluzione in termini tecnologici dei microprocessori: ne mantiene le caratteristiche fondamentali (quali il calcolo e l'elaborazione dati) migliorandone al contempo in termini di costi, di tempi necessari all' elaborazione/calcolo e numero di componenti utilizzati nonché le prestazioni del microcontroller stesso. Possono essere anche indicati con l'acronimo M.C.U. (MicroController Unit) o con µC (*µ* dal greco "Micro" e *C* abbreviativo di microcontrollore).
Specificatamente lo Zilog Z8 della "famiglia" F2480, rientrante a pieno titolo nella famiglia dei microcontrollori, presenta un vasto registro per la memorizzazione dei dati di uso generale, ma anche registri di controllo per le periferiche.
E' quindi un microcontrollore di nuova generazione a 8 bit,con memoria flash da 24KB e RAM da 2KB, possiede un range di temperatura standard variabile da 0 °C a 70 °C, ha un clock e un sensore di temperatura interni e convertitore A/D integrato. La sua tensione di alimentazione può variare tra 2,7 V a 3,3 V, può erogare una corrente massima di 200 mA, per una potenza massima dissipabile pari a 750 mW.
Si ravvisano cinque parti fondamentali del micro in esame: l' unità di controllo, l'unità logico-aritmetica (che con la prima forma la CPU - Central Processing Unit -, ovvero l'unità incaricata di eseguire le istruzioni di un programma), la memoria, il Bus e le porte input ed output. Tra i vantaggi dello Z8 vi è quella per cui è in grado di eseguire parallelamente sia la mansione di immagazzinamento dati in memoria sia di elaborare o calcolare un' istruzione del programma. Ciò è permesso dall' impiego di due differenti bus tali da permettere una contemporanea comunicazione derivante dalla separazione tra la memoria programma e quella dati. Suddetta caratteristica prende il nome di Architettura Harvard. Per maggiori chiarificazioni è possibile vedere la schematizzazione seguente:

Per la scelta del µC riveste importanza la classificazione alla quale rispondono alcune caratteristiche, tra le quali: la bontà computazionale della CPU (8, 16, 32 bit in ordine crescente di prestazioni), alle dimensioni della memoria di programma per un massimo di alcune centinaia di kByte, della ROM e della RAM nonché dalle performance delle molteplici periferiche presenti nel microcontrollore o dalla frequenza generatrice di *clock*.

E' qui sotto rappresentato il pinout del microcontrollore Z8F2480

44-LEAD Low-Profile Quad Flat Package (LQFP)

Per le specifiche dettagliate dello Z8F2480 è utile consultare lo schema a blocchi sottostante:

Verranno ora illustrate le porte impiegate dal microcontrollore, configurate per la presente trattazione:

Porta A							
7	6	5	4	3	2	1	0
		TXD0	*RXD*0	AUTO3	AUTO2	AUTO1	Devio A/M

- **Legenda**: TXD0 = Trasmissione RS232 a 115200 bit/s ;
  RXD0 = Ricezione RS232 a 115200 bit/s .
  AUTO [1;3] = Tasti per attivare le diverse funzioni automatiche volute;
  Devio A/M = Deviatore che permette di selezionare le modalità di funzionamento: AUTOMATICA o MANUALE.

Le porte *B* e *C* vengono utilizzate in funzione alternativa per selezionare i canali dell'ADC interno misurando la caduta di tensione sui sensori Hall per rilevare, qualora vi fossero, dei malfunzionamenti o dei sovraccarichi presenti nel braccio robotico. Quando i motori funzionano regolarmente su di essi vi è una tensione compresa tra 1,07 ÷ 1,50V, qualora il motore giungerà in fondo scala si presenterà una tensione di 0V, mentre per imprevisti e blocchi ostruttivi del motore, ai suoi capi si avrà o una tensione inferiore a 1,07 V o superiore a 1,50 V.

Porta B					
5	4	3	2	1	0
	ANA7	ANA3	ANA2	ANA1	ANA0
		MOT3	MOT2	MOT1	

- **Legenda**: ANA [0,1,2,3,7] = Canali di ingresso ADC;
  MOT [1;3] = Rispettivi motori del braccio robot.

Porta C							
7	6	5	4	3	2	1	0
					ANA6	ANA5	ANA4
					MOT6	MOT5	MOT4

- **Legenda**: ANA [4,5,6] = Canali di ingresso ADC;
  MOT [4;6] = Rispettivi motori del braccio robot.

Porta D							
7	6	5	4	3	2	1	0
LED	DX/SX	DX/SX	DX/SX	DX/SX	DX/SX	DX/SX	/RESET
	MOT6	MOT5	MOT4	MOT3	MOT2	MOT1	

- **Legenda**: DX/SX [1;6] Assegnano il verso di rotazione dei motori;
  /RESET = Tasto attivo basso per il reset del micro;

Nella porta *E* sono presenti gli enable dei motori caratterizzati dal fatto di essere attivi bassi, perché ogniqualvolta i motori risultino essere tutti in funzione, la corrente necessaria per pilotare gli optoisolatori CNY744 sarà di 60mA.

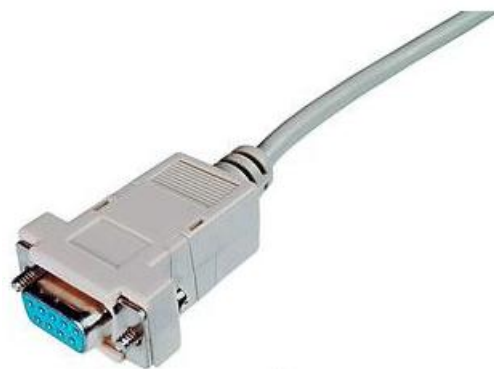
Porta E						
6	5	4	3	2	1	0
$\overline{EN6}$	$\overline{EN5}$	$\overline{EN4}$	$\overline{EN3}$	$\overline{EN2}$	$\overline{EN1}$	ENV

- **Legenda**: $\overline{EN[1;6]}$ = Enable corrispondenti ai motori [1;6] ;
  ENV = Attiva con 1 logico una ventola di raffreddamento.

Si ricorda che qualora l’enable di un motore fosse disattivato, per qualunque valore assunto da DX/SX della porta *C* corrispondente, non si produrrà alcun movimento.

4. CENNI TEORICI

TRASMISSIONE SERIALE

La trasmissione seriale è un protocollo il cui fine è lo scambio di informazioni a bassa velocità tra dispositivi digitali. La modalità di comunicazione della trasmissione seriale presenta un flusso di informazioni sequenziali su una singola linea, tali da essere disposte e recepite da e tra dispositivi digitali nello stesso ordine con le quali sono state diffuse. Dette modalità di trasmissione possono essere sincrone o asincrone.
Per il progetto corrente si è utilizzata la trasmissione asincrona (RS232), quindi con clock indipendenti tra il trasmettitore ed il ricevitore, sincronizzati con l'impiego dei dati stessi.
La trasmissione è inaugurata da un primo bit detto di "partenza" e una serie sequenziale di dati da 8 bit contenenti le informazioni utili. Ogni bit di "start" (il cui tempo è pari a quella dell'impulso) allineerà il *clock* di ricezione (ha una polarità opposta alla linea) per permettere il passaggio delle informazioni successive.
Per il riscontro necessario a verificare la correttezza dei dati ricevuti è previsto il bit opzionale di "parità", dove è detto pari ogniqualvolta i bit di valore 1 trasmessi sono complessivamente pari; dispari nell'altro caso. Si parlerà a titolo esemplificativo di "errore di parità" quando si hanno pari bit di parità, ma in uscita le informazioni computate risultano essere dispari.
Per segnalare la fine di un treno di bit ne viene aggiunto in coda all'informazione un altro dalla polarità opposta a quella del bit di "start", detto bit di "stop". Tale bit è la condizione minima e obbligatoria per l'arrivo di un eventuale nuovo bit di "partenza" ed è pari a 1/2, 1 o 2 tempi di bit.
La trasmissione seriale asincrona presenta più limiti, tra cui il rischio di non realizzare un *clock* di ricezione preciso (con conseguente aumento d'errore) all'incrementare della velocità di trasmissione: ciò è dovuto sia per la diminuzione del tempo di bit sia ad una diminuzione della durata del bit di "start" all'aumentare della velocità di trasmissione. Altra fattispecie limitante intrinseca alla trasmissione seriale è quella di risultare relativamente lenta proprio in virtù della presenza dei due bit imprescindibili: di "start" e di "stop".
In base a quanto detto si evince la necessità, per un corretto funzionamento della seriale, di una sincronizzazione perfetta tra il trasmettitore ed il ricevitore, con il rispetto nel specifico caso, della velocità di trasmissione di 115200 bit/s.

TRASMISSIONE PARALLELA

La trasmissione parallela si è diffusa grazie alle sue qualità come le elevate velocità di trasferimento dati che la interessano, permettendo di trasmettere contemporaneamente, in parallelo, tante informazioni per quante risultano essere i numeri di linee trasmissibili.
Impiegando suddetta trasmissione si rende quindi possibile la gestione di più motori contemporaneamente determinando ad ogni pin della parallela una specifica funzione per i movimenti del motore (come è possibile consultare nella tabella ed immagine a fianco).
E' impiegata nel presente progetto per il pilotaggio del robot tramite il microcontrollore.

MOTORE	L298 (OUTPUT)	PORTA PARALLELA (PIN)
1	1	4
	2	5
2	3	9
	4	8
3	1	12
	2	25
4	3	22
	4	21
5	1	17
	2	18
6	3	15
	4	14
+5V		13
GND		1

USB

USB, acronimo di Universal Serial Bus, rientra a pieno titolo nella famiglia delle comunicazioni seriali, essendone per di più diventato uno standard. Grazie ad una sola tipologia di connettore, alla funzionalità di "collega e usa" (dall'anglosassone "plug-and-play") ossia senza necessità di installazioni specifiche e senza il riavvio necessario del PC ogniqualvolta si collega/scollega la periferica e con l'utilizzo inoltre di un' unica e sola interfaccia standardizzatasi.
Lo standard oggi universalmente utilizzato, l'USB 2.0, prevede una velocità di comunicazione incrementata a 480 Mbit/s. Si sta oggi diffondendo la nuova generazione di USB, le 3.0, in grado di raggiungere una velocità di comunicazione pari a 4800 Mbit/s.
Il segnale circolante in un dispositivo USB è inutilizzabile qualora la distanza del cavo sia pari o superiori ai 5 metri. L'USB è fornito anche del cavo VBUS in grado di alimentare autonomamente quelle periferiche di basso consumo.

(Porta USB)

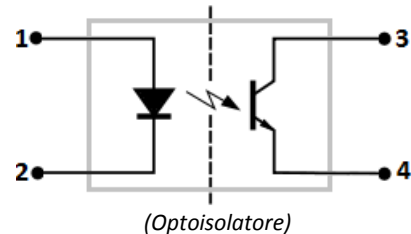
(cavo USB)

ISOLAMENTO GALVANICO

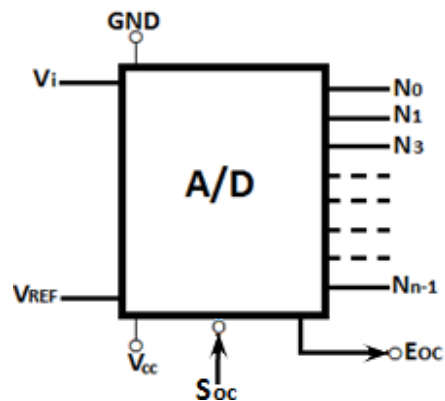
La condizione determinatasi su due punti ove è presente una differenza di potenziale ma senza che vi sia alcuna circolazione di corrente continua, prende il nome di isolamento galvanico. Nel dettaglio gli elettroni non sono in grado di circolare dal punto di maggior potenziale a quello minore in quanto a separare i due vi è una resistenza idealmente infinita (nella realtà è sufficiente una $R > 100M\Omega$), garantendo al contempo che l'informazione ivi contenuta sia comunque trasmessa (senza correnti di disturbo) mediante fenomeni quali, nel caso in esame, l’irradiazione luminosa.
Tale isolamento ha una duplice finalità: di salvaguardia dei componenti dell’intero circuito, cosiddetta funzionalità di sicurezza, nonché funzionale, ovverosia la separazione elettrica tra il circuito trasmittente contenente le informazioni dal circuito di acquisizione ed elaborazione dati (circuito ricevente), con possibili riferimenti di tensione tra loro indipendenti.

OPTOISOLATORE

In tutti quei circuiti in cui per sicurezza, stabilità o necessità di vario genere è necessario separare elettricamente due circuiti garantendo al contempo il trasferimento del segnale, vengono utilizzati gli optoisolatori capaci di creare e mantenere il cosiddetto isolamento galvanico.
Questo isolamento rientra nell'ordine di alcune migliaia di V, con bande che spaziano dalla continua all'ordine di consistenti MHz.
Il funzionamento dell' optoisolatore solitamente prevede l'accoppiamento ottico tra un elemento fotosensibile (fototransistor) e un LED.
Nel fototransistor l'irradiazione luminosa è proporzionale alla corrente circolante nel diodo, trasferendo quindi le informazioni all'elemento fotosensibile senza presentare alcuna continuità elettrica.

(Optoisolatore)

CONVERTITORE A/D

Un convertitore analogico/digitale, detto anche A/D o ADC (Analog to Digital Converter), è un circuito elettronico in grado di convertire un segnale analogico con un andamento continuo in una serie di valori discreti, in un numero binario su due livelli: *alto* (3.30V) e *basso* (0V). L'ADC per questa conversione ricorre a due differenti operazioni: la quantizzazione del segnale analogico e la codifica dei valori ottenuti.
Essendo un segnale analogico in grado di assumere infiniti valori in un certo intervallo temporale, si ricorrerà ad approssimazioni costanti garantite dal quanto (*q*) tali da permettere di assumere un numero di valori finiti. Queste approssimazioni determinano degli errori, denominati di quantizzazione.
Successivamente questa quantizzazione informativa verrà codificata per il fine a cui è stato adibito l'ADC.
Si ricorda che l'A/D in quest'occasione è integrato al microcontrollore impiegato.

(Schematico convertitore A/D)

Vi => Tensioni convertite del segnale analogico;
N0 => bit meno significativo;
Nn-1 => bit più significativo;
Soc => comando di inizio conversione (Start Of Conversion);
Eoc => comando di fine conversione (End Of Conversion).

Per la classificazione del convertitore A/D vi sono da considerare vari parametri, tra i quali è necessario evidenziare primariamente quelli fondamentali:

1. La *risoluzione* o *quanto*, rappresentante la minima variazione di tensione in ingesso che corrisponde alla variazione di un bit del numero binario in uscita:

$$q = \frac{V_{REF}}{2^n - 1}$$

2. Il *tempo di conversione* che è il tempo impiegato dall'ADC per terminare la conversione;

3. Il *Tempo o periodo di campionamento,* è il tempo impiegato dall'ADC per memorizzare il valore di tensione in ingresso (idealmente infinitesimale);

4. *Banda passante*.

Altri parametri sono:

- La *tensione di alimentazione* che può essere singola (+Vcc) oppure duale (±Vcc);
- Il *range di tensioni d'ingresso* dipendente dal valore massimo applicabile alla tensione di riferimento V_{REF};
- L'*accuratezza*, tale da rappresentare la quasi totalità degli errori intercorrenti tra il comportamento reale/ideale del convertitore (es.: errore di off-set, errore di scala, errore di linearità);
- *I livelli logici delle uscite digitali ottenibili* (TTL, CMOS, Three State) per il corretto collegamento con il dispositivo ricevente le informazioni binarie;

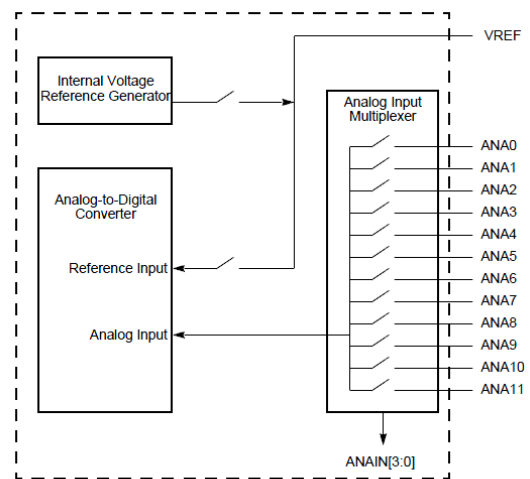
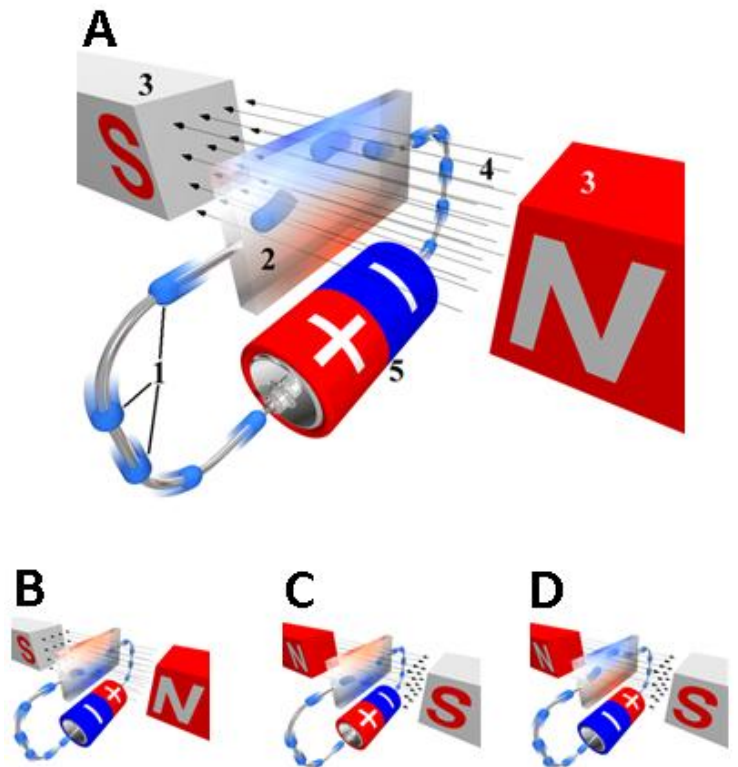



Figure 33. Analog-to-Digital Converter Block Diagram

(Diagramma del convertitore A/D interno al µCZ8)

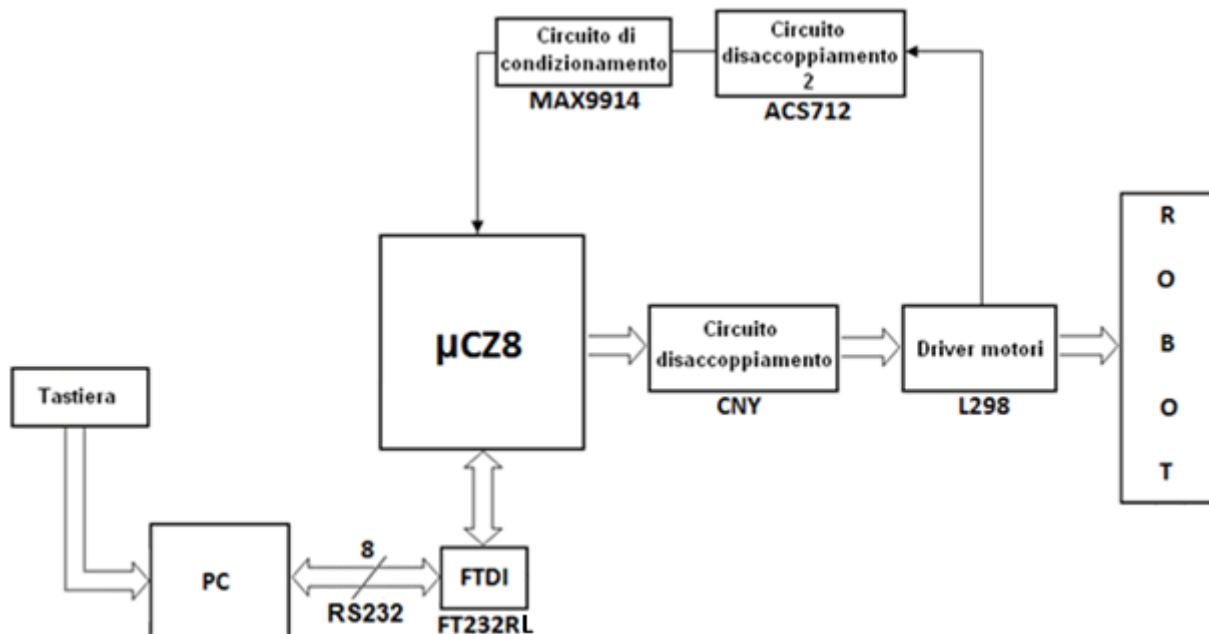
EFFETTO HALL

Per effetto Hall si intende il costituirsi di una differente caduta di potenziale sulle facce opposte d'un conduttore elettrico, tale caratteristica è data dalla corrente (1) che scorre sulla lamina conduttrice (2) subente il campo magnetico (4) perpendicolare alla stessa corrente. Questo effetto viene anche detto potenziale di Hall.
L'effetto Hall indipendentemente dal senso della corrente è in grado di far convergere le cariche elettriche mediante una forza magnetica (Forza di Lorentz) agente trasversalmente alla corrente, su di un unico bordo del conduttore: determinando così un eccesso di carica. Si creerà, al contempo, una carenza di carica sul lato opposto del conduttore, generando una polarità in grado di determinare una differenza di potenziale interessante le due facce opposte della lamina. Secondo il principio assunto, la tensione in uscita sarà direttamente proporzionale alla corrente in ingresso.

(Immagine tratta da Wikipedia)

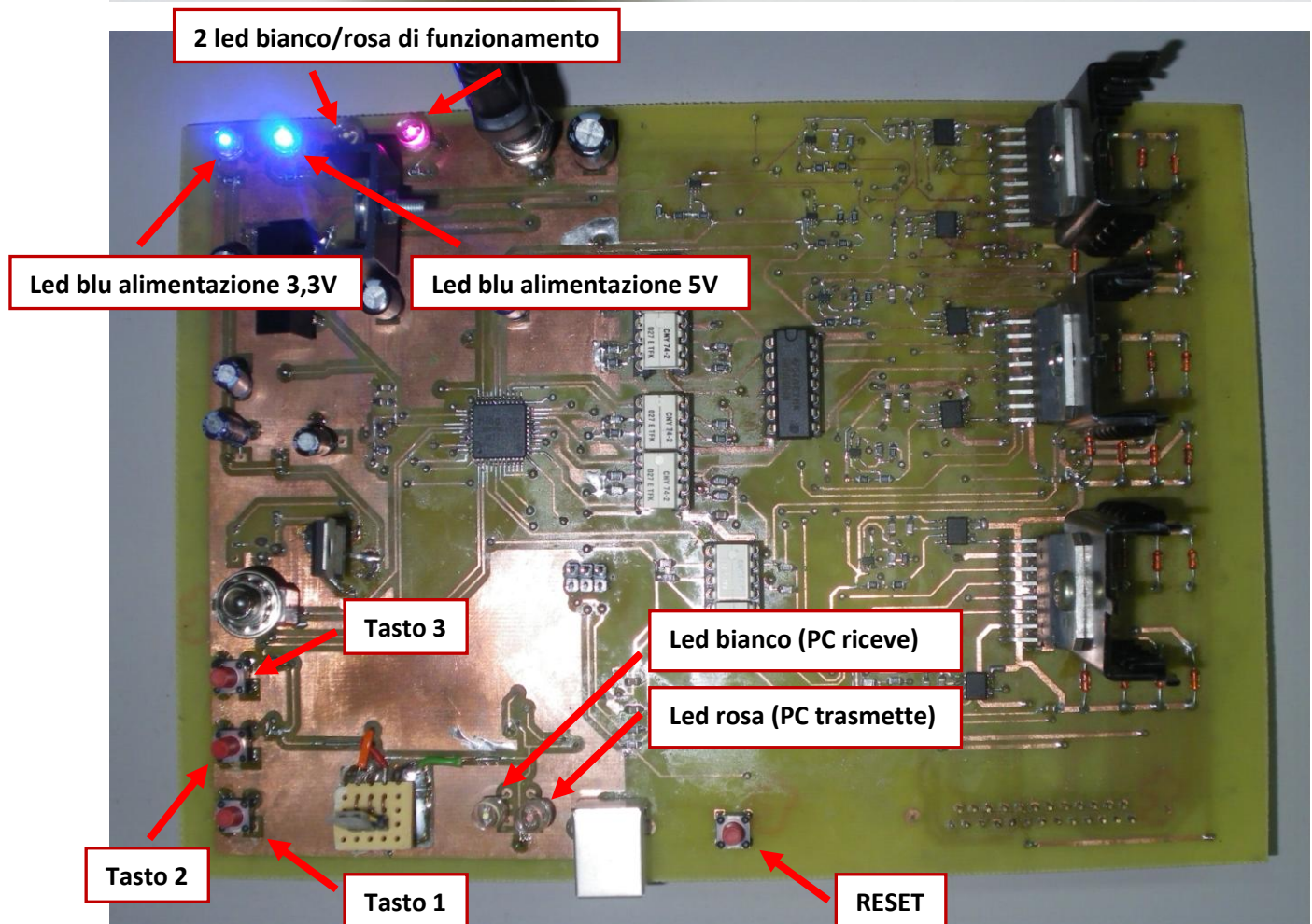
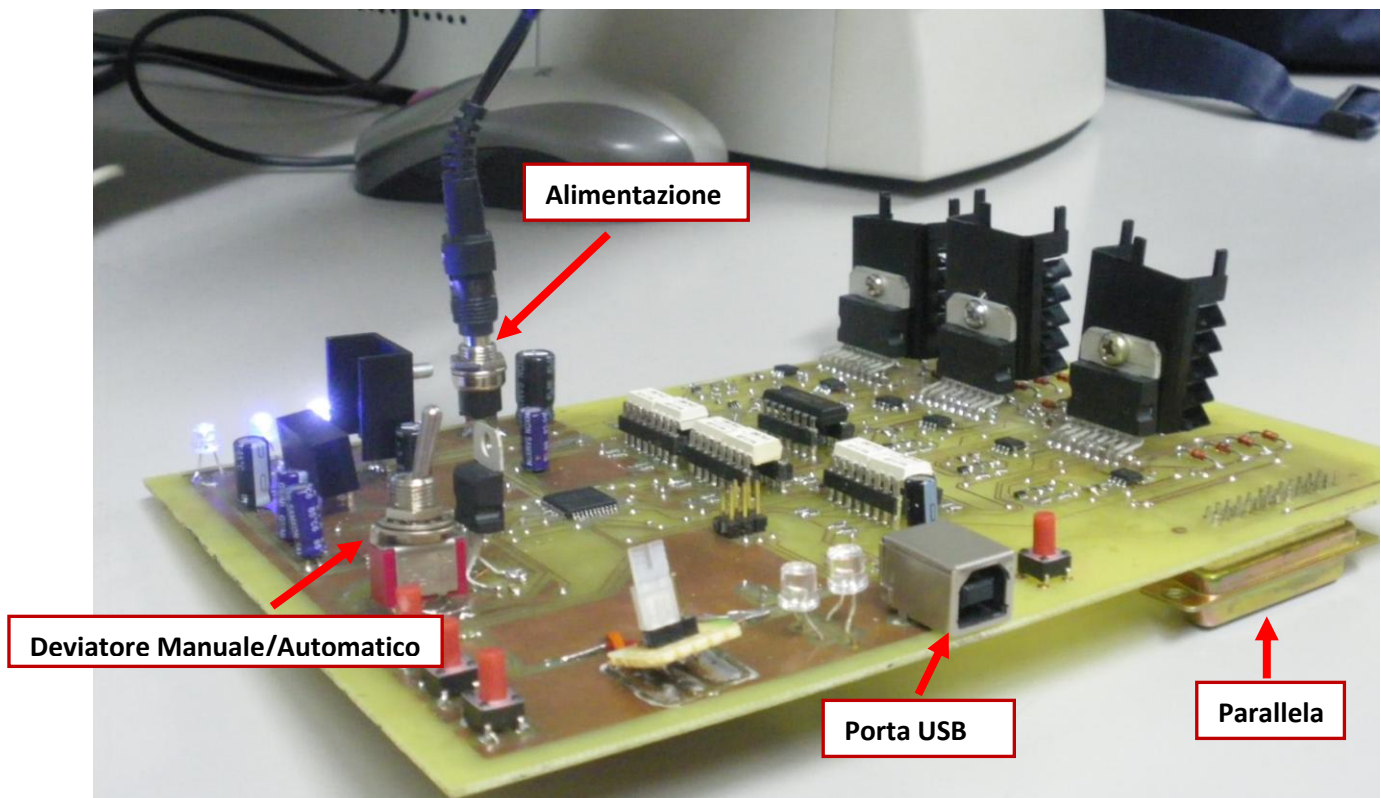
MOTORE IN CORRENTE CONTINUA

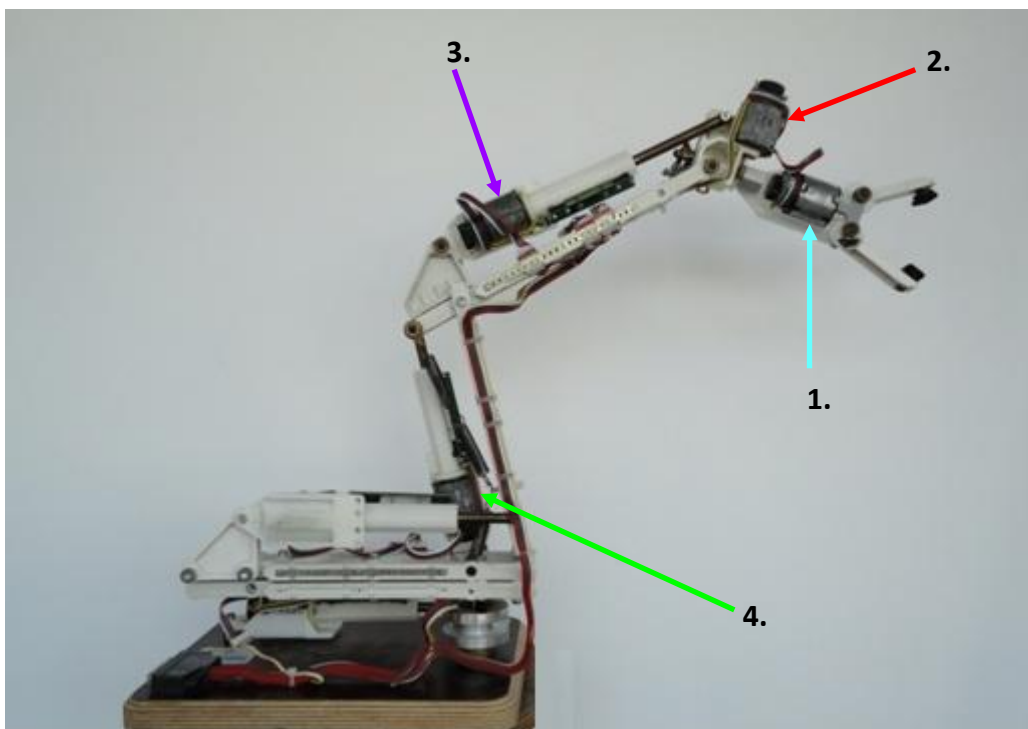
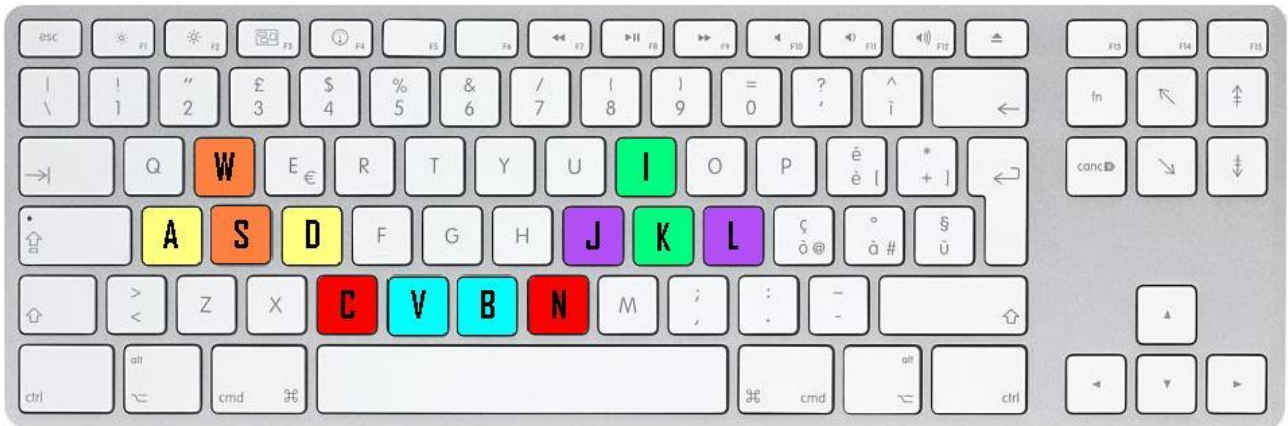
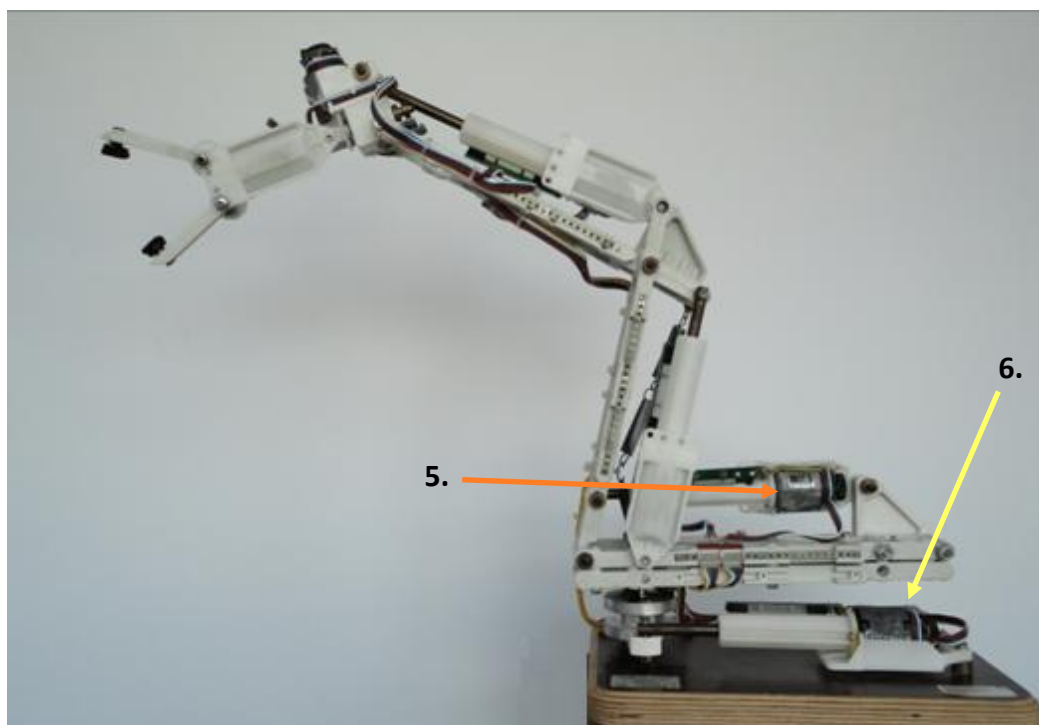
Conosciuto anche come motore in CC, opera con grandi e piccole potenze, tra le prime si ricordano quei motori per trazione marina o ferroviaria ad alto potenziale, oppure per potenze basse o irrisorie quali ad esempio per usi domestici. Altra peculiarità del motore in CC è quella di poter funzionare da dinamo, nonché di essere stato il primo motore elettrico realizzato e impiegato per i più disparati compiti.
È contraddistinto, come sottolineato dal nome stesso, per la sua alimentazione a corrente continua.
Un' ulteriore distinzione sarebbe possibile qualora si volessero evidenziare i tre tipi di motori a CC tra i quali: il motore brushless, il motore passo-passo ed infine, il motore a spazzole, ovvero quelli utilizzati in questa relazione. Di quest'ultimo è utile evidenziare le quattro parti imprescindibili del motore, quali: lo statore, il rotore, il collettore a lamelle e le spazzole.
Lo statore è composto da poli induttori ed una carcassa solitamente in acciaio le cui esigenze debbono soddisfare sia le condizioni meccaniche sia quelle magnetiche, tra cui quella di garantire un campo magnetico fisso. È l'unico elemento del motore non soggetta a movimento.
Il rotore come richiama il nome stesso garantisce il movimento o meglio la rotazione del motore e dell'albero nel quale è situato in appoggio sui cuscinetti. A dispetto dello statore presenta un flusso magnetico variabile nel tempo.
Il collettore può essere definito come un interruttore rotante la cui funzione è quella di invertire la direzione della corrente al fine di fornire costantemente una medesima polarità complessiva tra l'induttore e l'indotto.
Determinano invece lo scorrimento di corrente le spazzole, essendo contatti striscianti colleganti elettricamente l'avvolgimento rotorico con l'esterno.

(Immagine illustrativa di un tipico motore in c.c.)

5. SCHEMA A BLOCCHI

6. FUNZIONAMENTO GENERALE

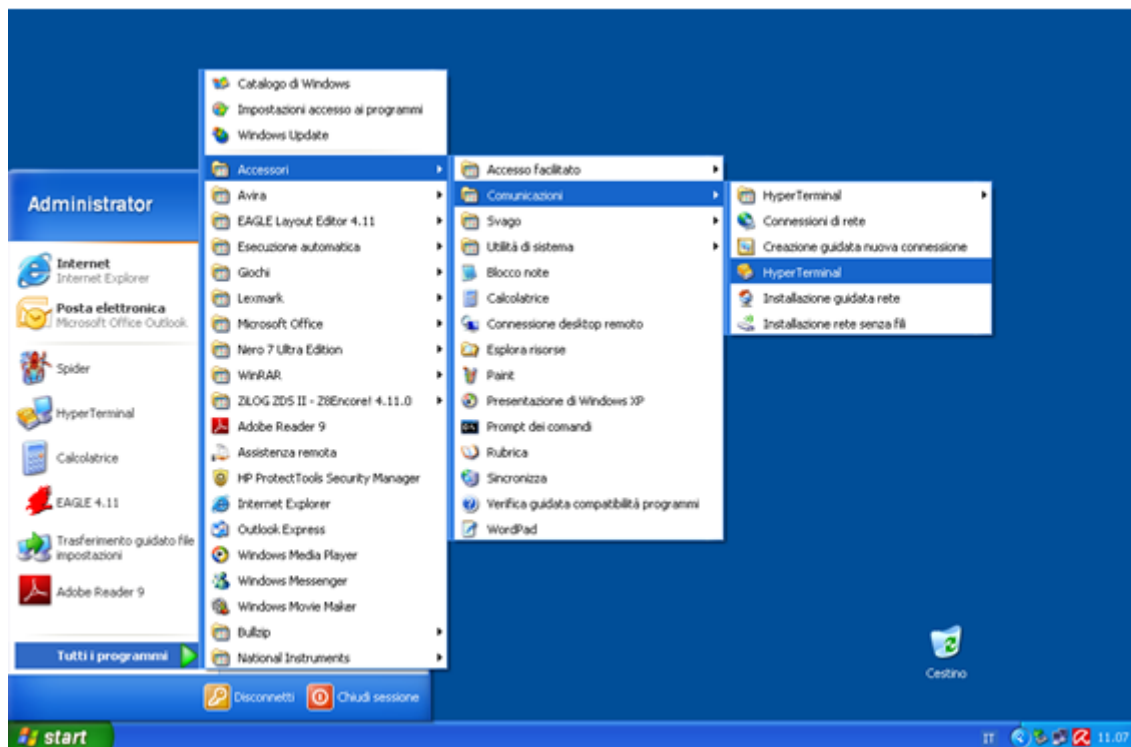
L'operatore premendo gli specifici tasti da tastiera su PC produrrà le informazioni atte al movimento del robot. Grazie all'implemento dell' UART, utilizzante il protocollo RS232, riuscirà a comporre una trasmissione seriale a 8 bit producendo pertanto i dati in ingresso allo Z8.
Essendo oggi desueta la comunicazione seriale, per il progetto corrente si ricorrerà alla comunicazione USB (caratterizzato da una maggiore efficienza e diffusione) tale da permettere, grazie al lavoro di conversione svolto dall'FT232RL, di riformare le informazioni della seriale in dati utili al protocollo USB utilizzato.
Per un fattore di sicurezza, di corretta funzionalità ed integrità dell'intero circuito si ricorre all'isolamento galvanico tale da separare fisicamente il µC dai sei motori del prototipo, per cui la comunicazione per il monitoraggio ed il controllo degli stessi è affidata agli optoisolatori CNY744 che, tramite irradiazioni luminose, permettono l'arrivo dati al microcontrollore, dal driver motore L298 capace di far muovere il robot grazie ai due differenti valori di alimentazione assunti.
Il sensore hall ACS712 svolge una funzione di comunicazione e controllo tra lo stato del motore, in particolare dal valore assorbito della corrente nei singoli motori del robot e il cervello dell'intero sistema, lo Z8. La retroazione di controllo dello Z8, svolto dall' ACS712, è permessa dall'effetto Hall con l'intento di assicurare l'isolamento galvanico.
Grazie all'impiego dell'amplificatore *Rail-to-Rail* MAX9914 tale da permettere l'amplificazione dell'segnale utile (con estinzione di offset) al sistema di controllo del M.C.U., si è in grado di creare quel meccanismo di monitoraggio diretto e di retroazioni desiderato; per il pieno, preciso, funzionale e sicuro controllo, utile alla salvaguardia delle operazioni svolte e degli stessi componenti impiegati nel progetto.

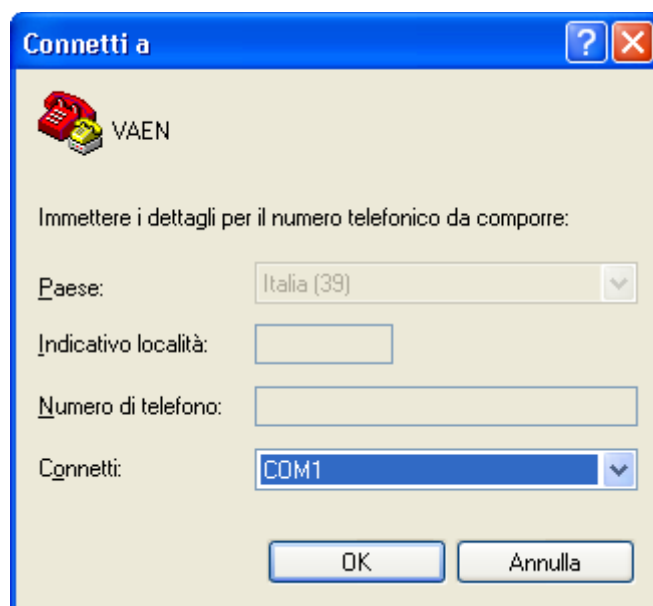
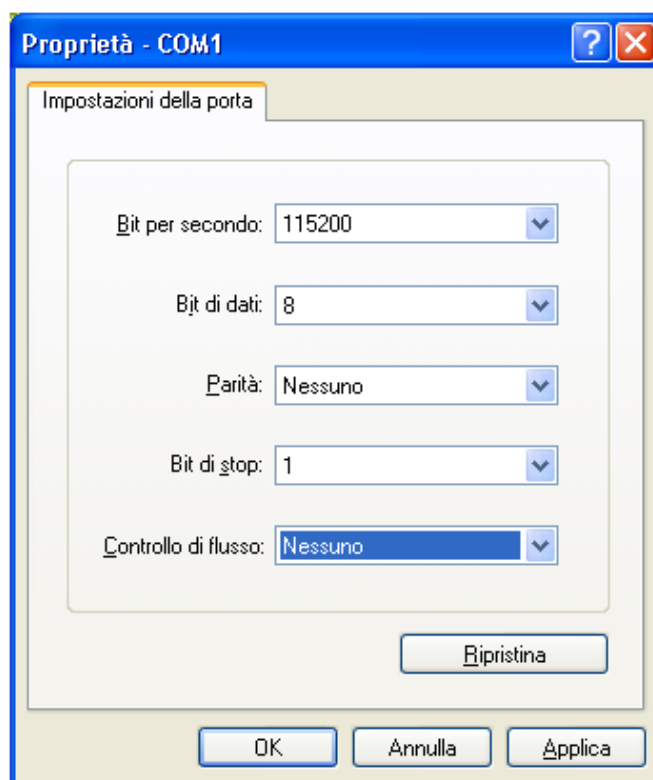
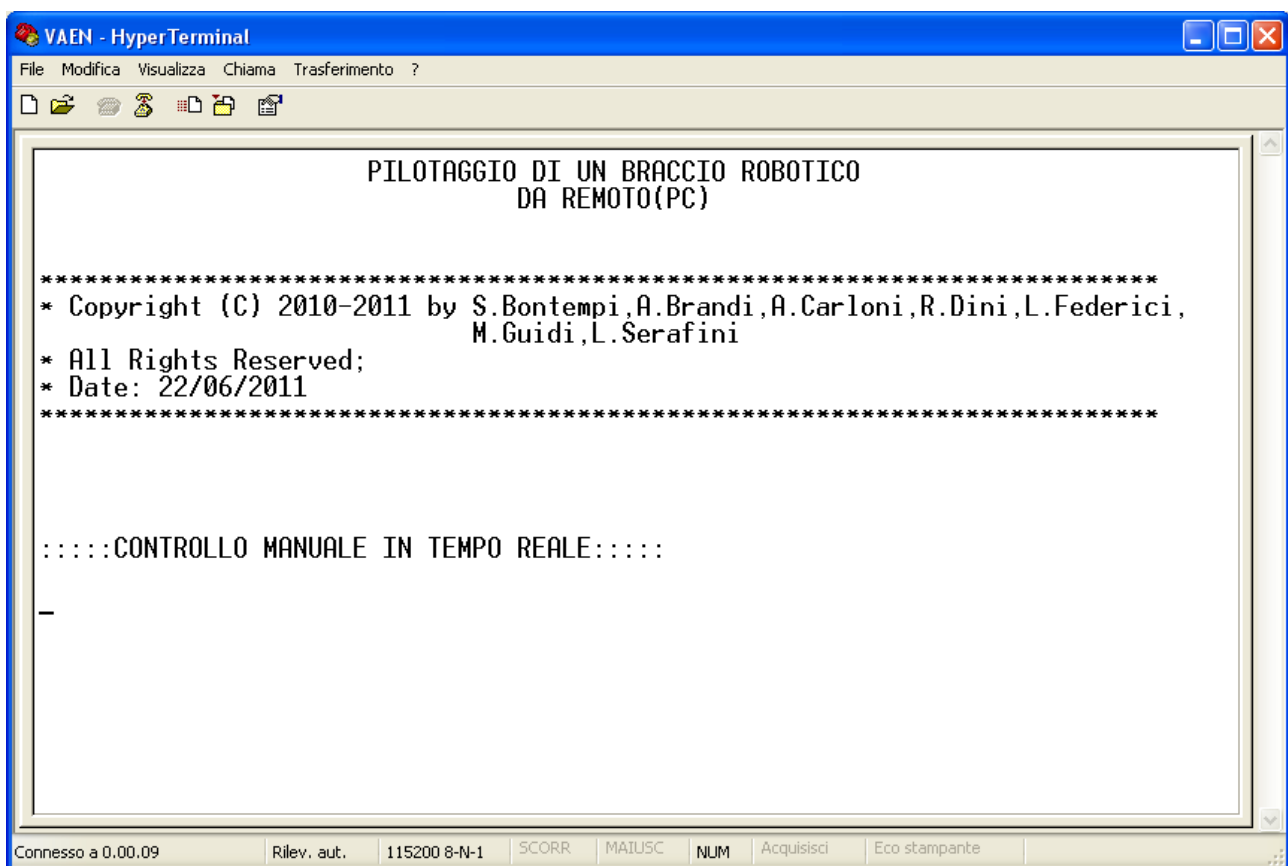
7. ISTRUZIONI PER L'USO

7.1 Controllo da tastiera

I movimenti del prototipo robot sono relegati a sei differenti motori adibiti specificatamente al controllo di ogni singola azione del prototipo compiuta dall'operatore mediante l'ausilio di interfaccia e tastiera PC.
I tasti complessivi per il movimento del robot sono dodici, due per ogni motore.

	Motore 1 (DITA)	Motore 2 (POLSO)	Motore 3 (MANO)	Motore 4 (BRACCIO)	Motore 5 (SPALLA)	Motore 6 (CORPO)
Apertura	B					
Chiusura	V					
Rotazione oraria		N				
Rotazione antioraria		C				
Movimento verso l'alto			J	I		
Movimento verso il basso			L	K		
Movimento in avanti					W	
Movimento indietro					S	
Movimento antiorario						A
Movimento orario						D

7.2 Controllo del braccio robotico

Per poter pilotare il braccio robotico è necessario prima di tutto collegare al PC la scheda con il cavo USB. Poi configurare Hyper Terminal ed infine alimentare la scheda.

1. Aprire applicativo Hyper Terminal seguendo il percorso sottostante:
   - *Start/Accessori/Comunicazioni/Hyper Terminal*

2. All'apertura della finestra riportata sotto, inserire il nome desiderato per rinominare la connessione e cliccare *OK*.

3. Selezionare la voce *Connetti* ed impostarla sulla *COM* di cui si sono installati i driver, nel caso specifico *COM1*, cliccando infine *OK*.

4. Impostare le *Proprietà – COM1* come nell'immagine sotto riportata. A conclusione cliccare *OK*.

N.B.: Assicurarsi sempre che il *Bloc Maiusc* sia disattivato dalla tastiera in quanto il programma non riconosce le lettere maiuscole come valide.

6. In base a come è stato spostato il tasto delle modalità del robot (deviatore), su *Manuale* o su *Automatico*, a schermo su Hyper Terminal sarà visualizzato il funzionamento del robot corrispondente:
    - *Controllo manuale in tempo reale da remoto*;
    - *Funzionamento automatico*
        - *Standard*;
            - *Numero 1* ⟶ Routine predefinita uno (1);
            - *Numero 2* ⟶ Routine predefinita due (2);
        - *Memorizzazione del controllo manuale da remoto (Tasto 3)*.

7. Tramite il *Controllo manuale in tempo reale da remoto* il robot produrrà pedissequamente i movimenti voluti dall'operatore.
   Sotto è riportato un esempio di schermata se il deviatore è impostato su *Manuale*.
   Ora possibile il *Controllo manuale in tempo reale*.

Esempio di schermata se il deviatore è su *Automatico*.

- Se si vuole eseguire le operazioni *Standard* del robot premere sulla scheda il
  - *Tasto 1*
  - *Tasto 2*

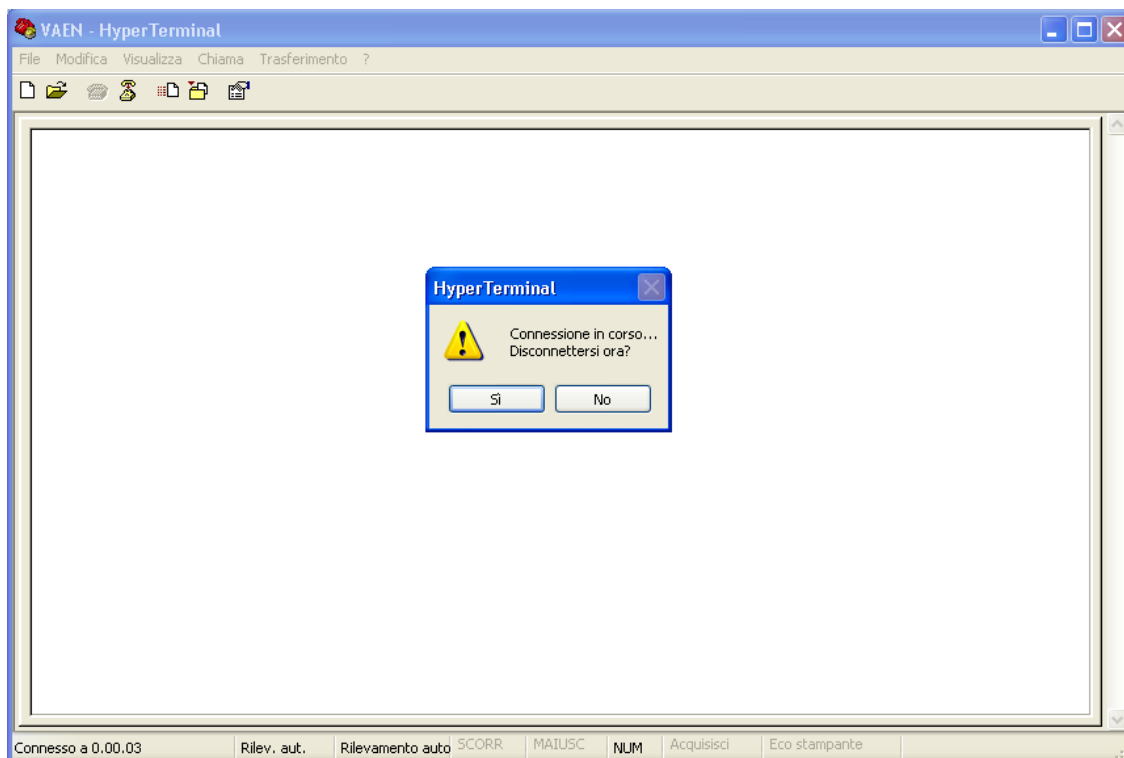
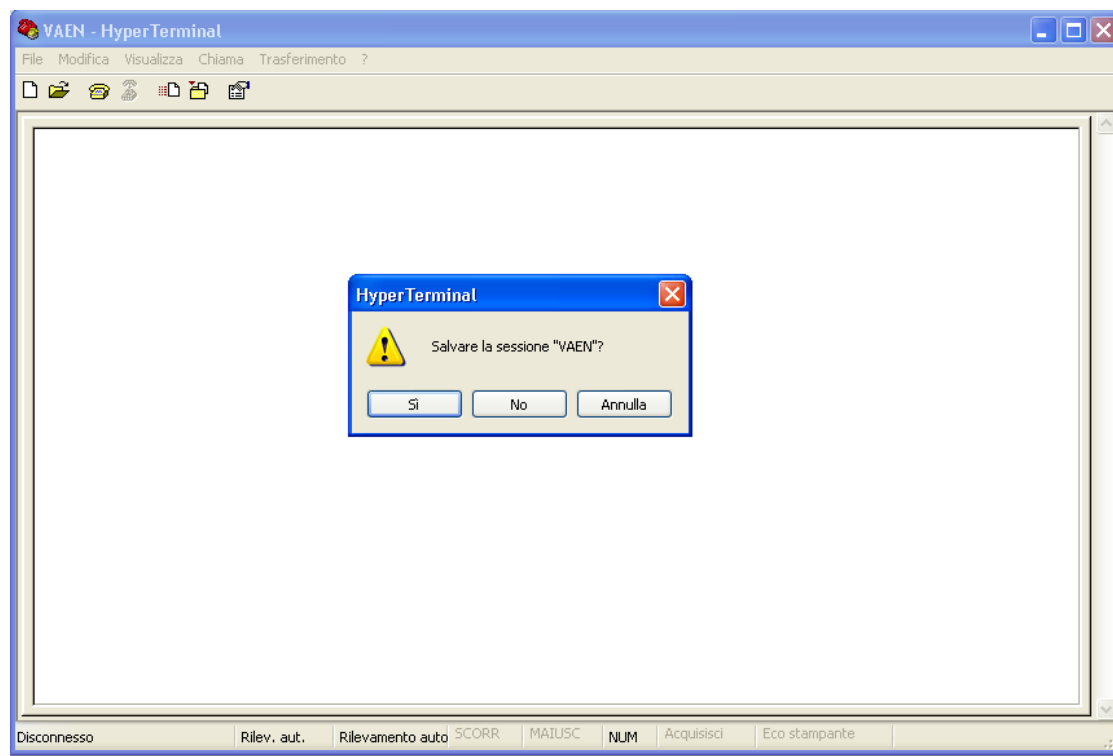
  } Verranno quindi eseguite le rispettive funzioni del braccio robotico.

E' possibile eseguire queste due funzioni anche non essendo interfacciati su Hyper Terminal, limitandosi a premere con il robot in funzione il *Tasto 1* o *Tasto 2* per le rispettive esecuzioni automatiche standard.

- Se si vogliono predisporre nuove funzioni automatiche per il robot premere sul circuito stampato il
  - *Tasto 3*
    - Premere i tasti su tastiera per le azioni desiderate del robot come per il *Controllo manuale in tempo reale*;
    - Avendo constatato direttamente sul robot i movimenti desiderati, premere *Invio* sulla tastiera per eseguirli;
    - I movimenti desiderati e salvati saranno replicati continuamente fino a quando non verrà premuto il specifico tasto di *Reset*.

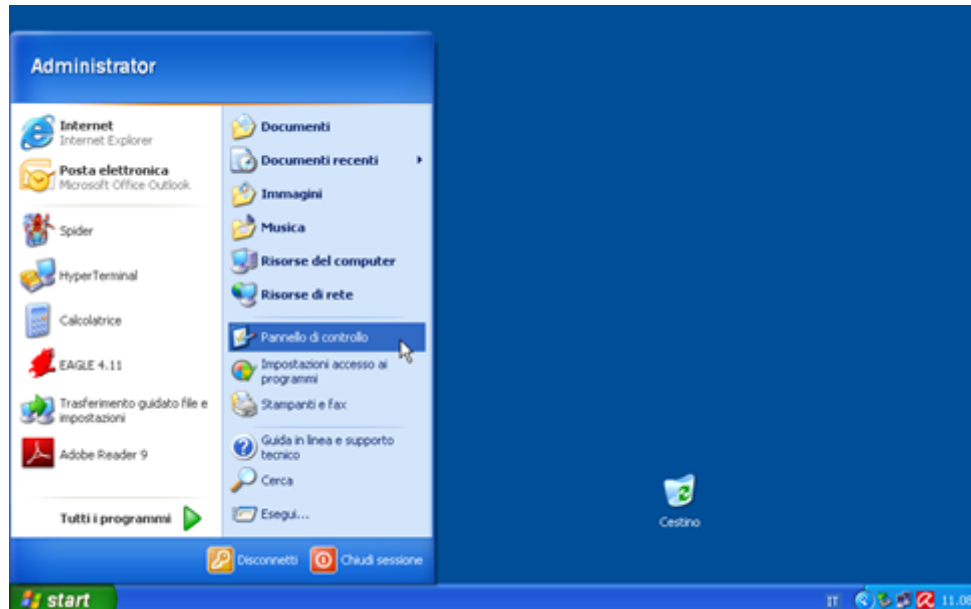
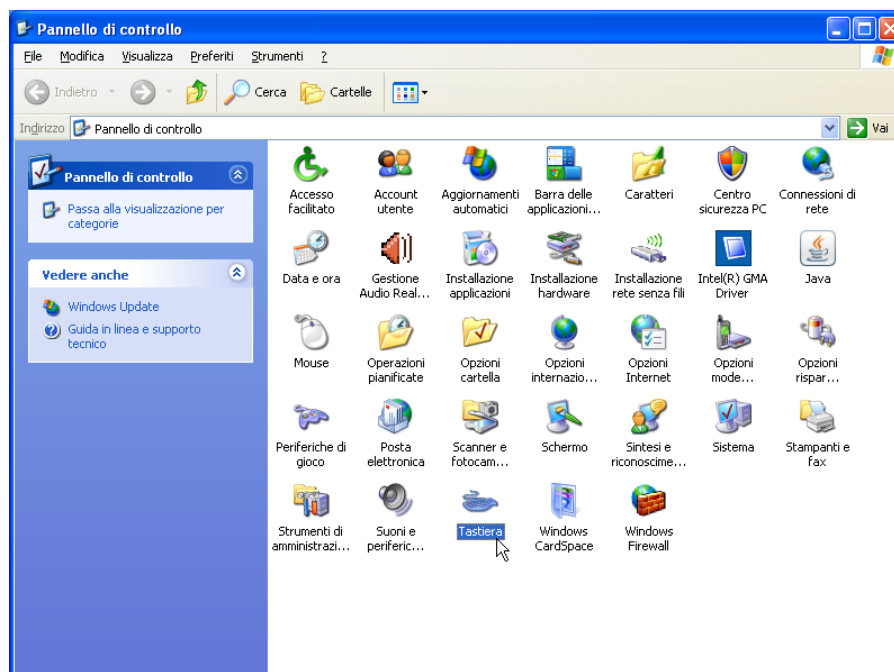
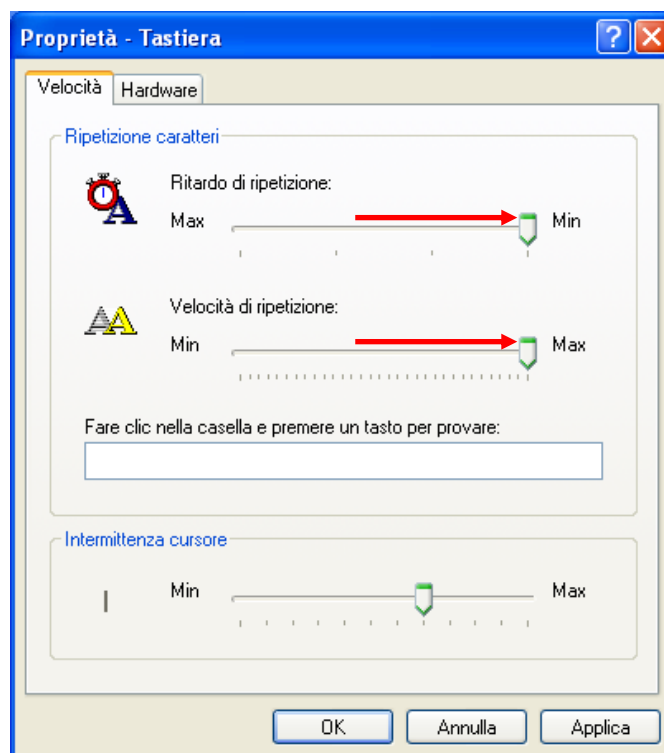
N.B.1: Appena premuto uno dei tre tasti adibiti al movimento *Automatico* robot, su schermo verrà visualizzata la scritta *IN CORSO…* per segnalare il movimento del prototipo. Quando l'istruzione è conclusa comparirà a schermo la dicitura *FINE!*

N.B.2: Ogniqualvolta si premesse uno dei tre tasti adibiti al *Funzionamento automatico*, il robot prima di eseguire la funzione tornerà nella posizione di settaggio.
Se si dovesse operare con il funzionamento di *Memorizzazione del controllo manuale da remoto* (premendo il *Tasto 3*) dopo il consuetudinario settaggio iniziale (*Settaggio robot in corso…*) e la sua conclusione (*Fine settaggio!*) sarà possibile il controllo del robot (*Il robot è pronto per memorizzare i comandi…*) e, una volta realizzato il pilotaggio desiderato dando conferma premendo *Invio* il prototipo si riassesterà nella posizione di settaggio prima di eseguire continuamente la funzione conferitagli (*Il robot sta eseguendo i comandi memorizzati*). Per concludere l'esecuzione premere sul circuito il tasto di *Reset*.

8. A conclusione dell'attività chiudere la sessione, premere l'apposito tasto (☒), optando per disconnettersi dalla sessione in corso.

9. A seconda delle proprie esigenze scegliere se salvare la sessione.

10. Con la chiusura dell' Hyper Terminal il programma è terminato.

7.3 Migliorie per prestazioni ottimizzate

Per aumentare la velocità di risposta per il controllo del prototipo robot è necessario seguire le indicazioni sotto riportate:

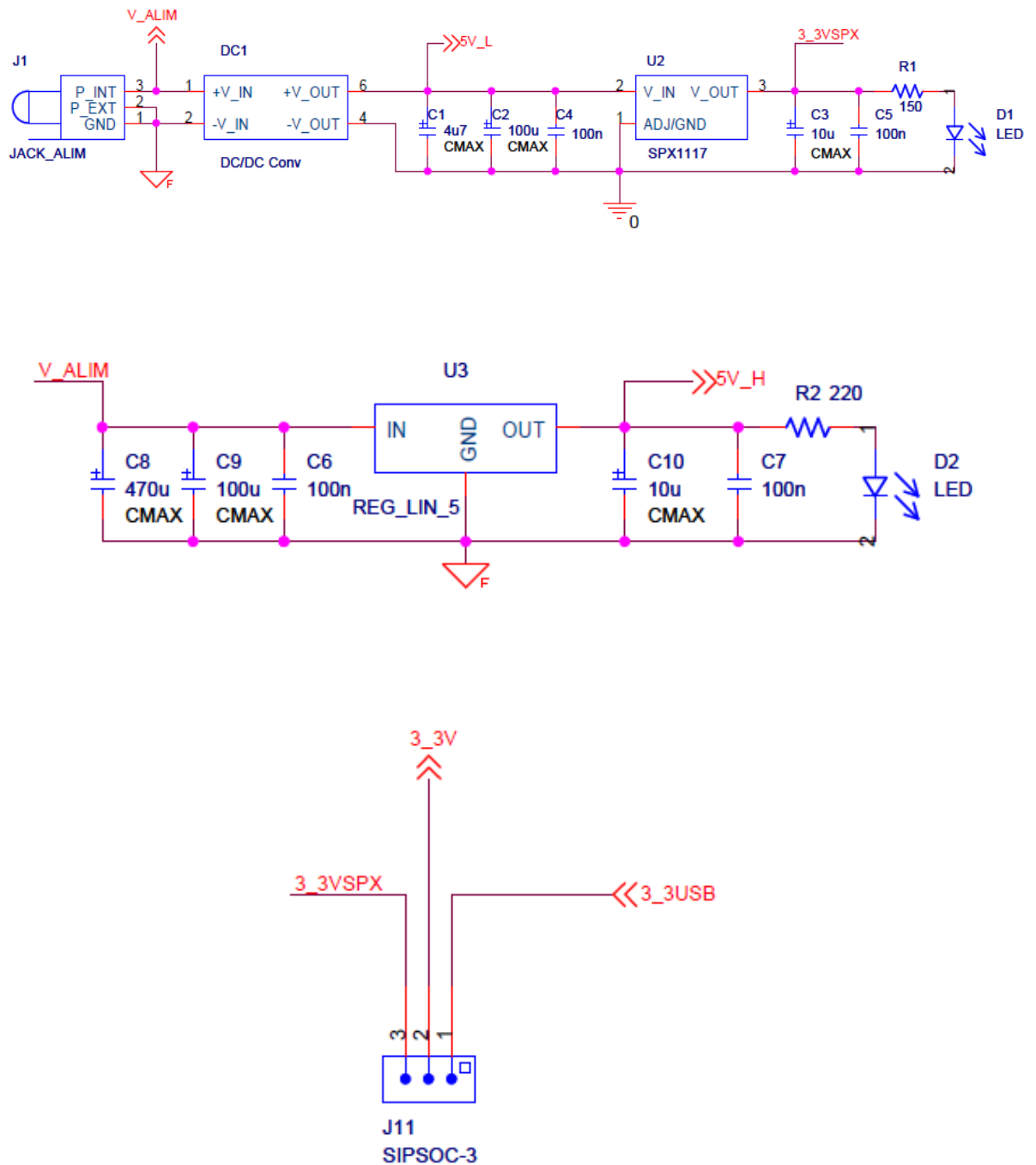
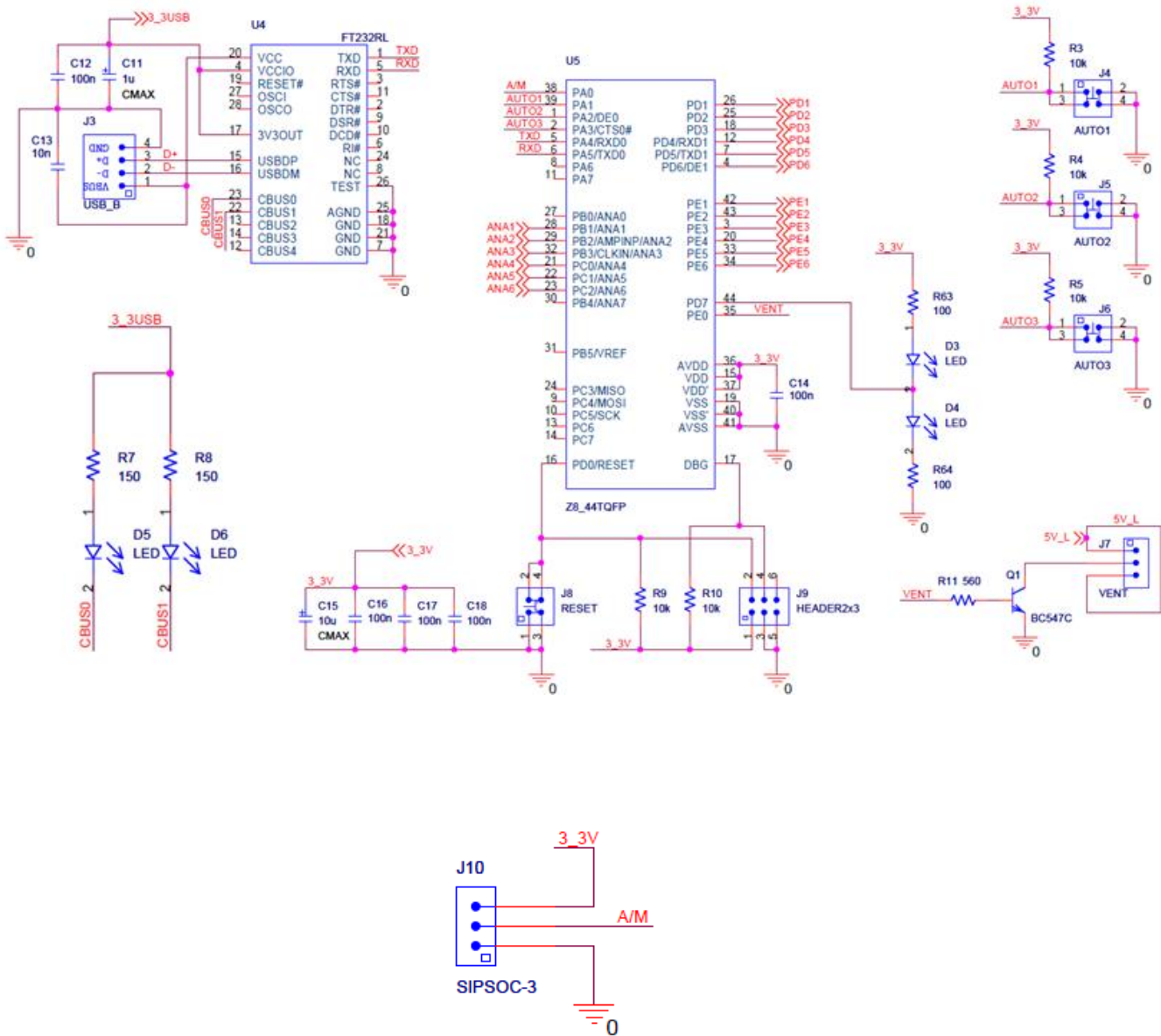
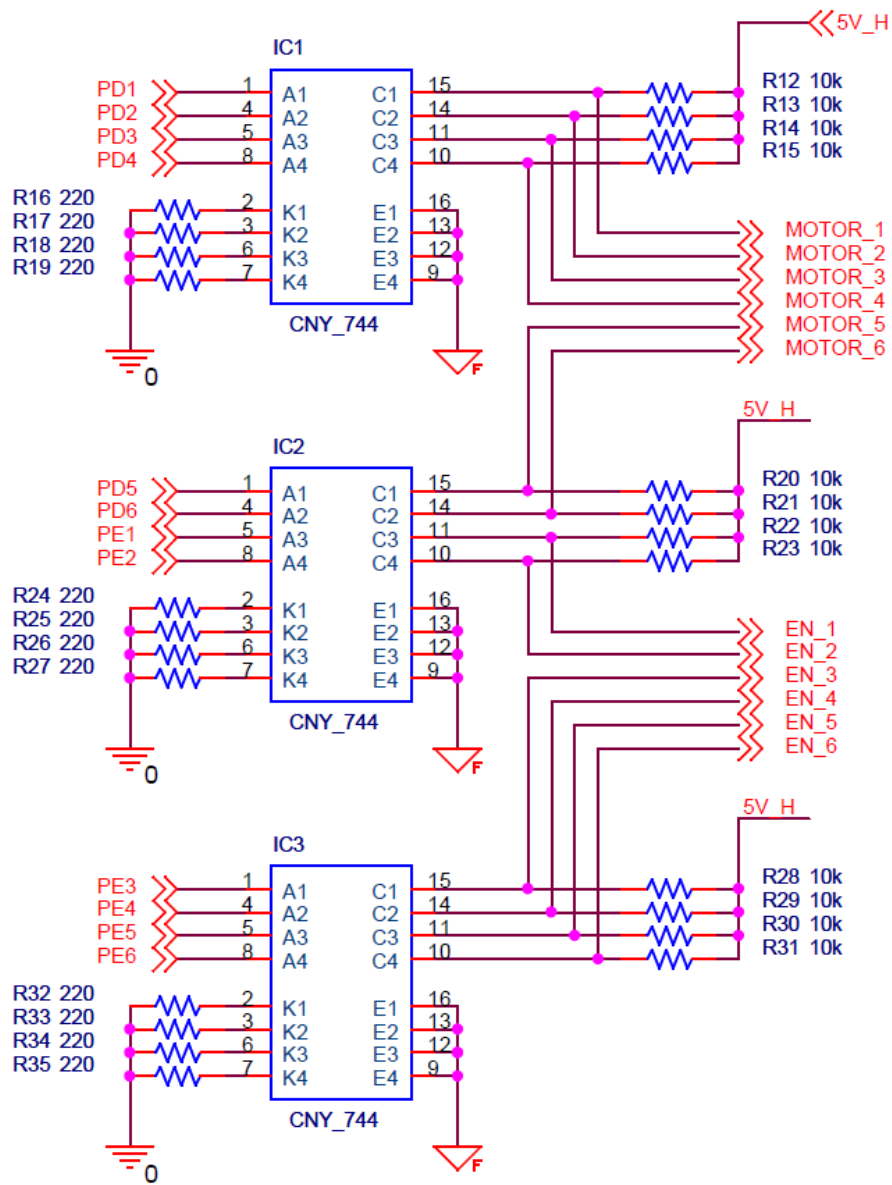
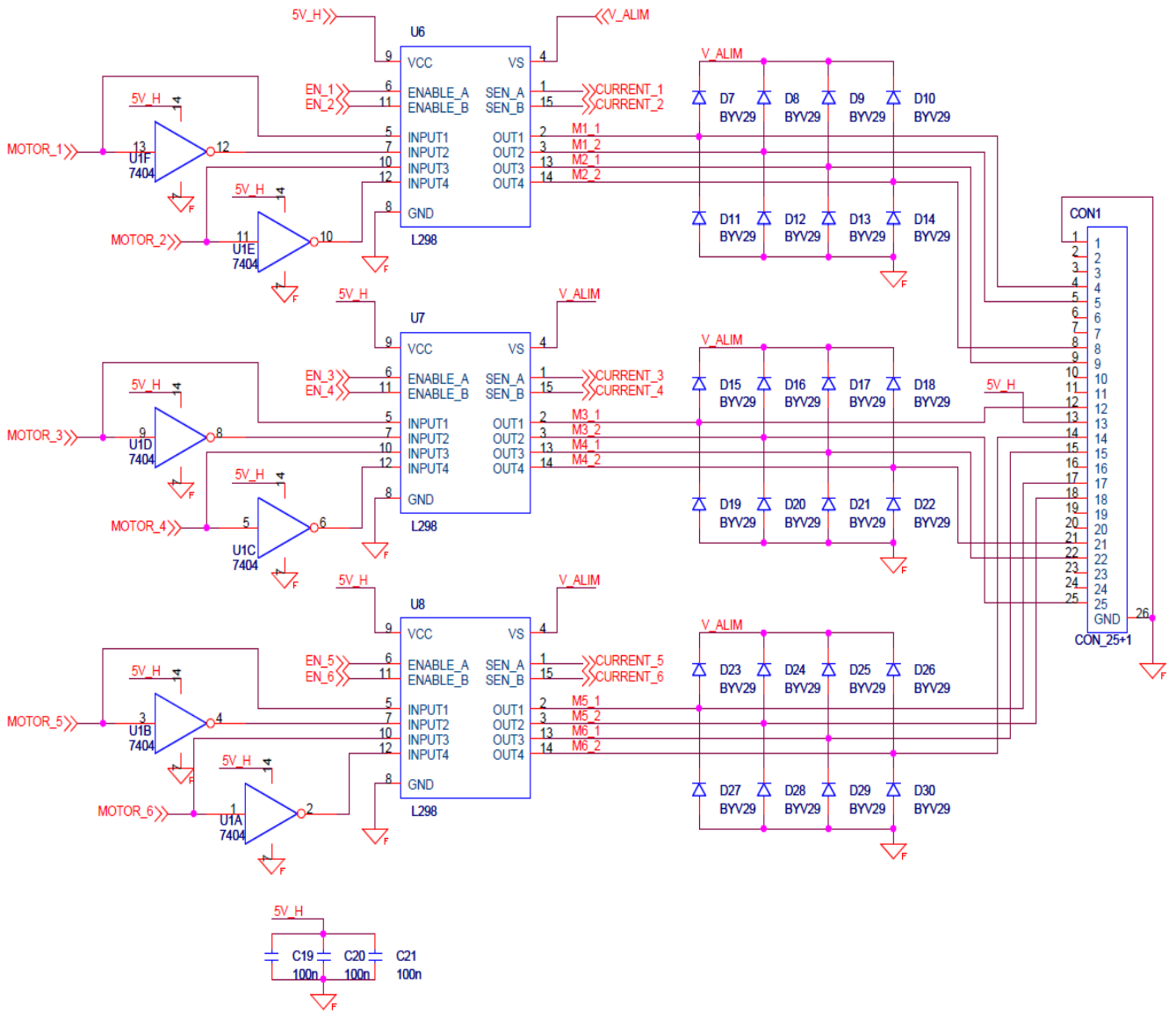
1. *Start/Pannello di Controllo.*

2. Una volta aperto il *Pannello di Controllo* cliccare due volte su *Tastiera.*

3. Sulla finestra *Proprietà – Tastiera* porre su *Min* la voci *Ritardo di ripetizione* e su *Max* la *Velocità di ripetizione*:

4. Infine premere su *Applica* e su *OK* per salvare le modifiche.

8. SCHEMATICO

✓ Alimentazione

✓ FTDI & µC

✓ CNY

IC1
IC2
IC3
CNY_744
CNY_744
CNY_744
PD1
PD2
PD3
PD4
PD5
PD6
PE1
PE2
PE3
PE4
PE5
PE6
A1 A2 A3 A4
K1 K2 K3 K4
C1 C2 C3 C4
E1 E2 E3 E4
R16 220
R17 220
R18 220
R19 220
R24 220
R25 220
R26 220
R27 220
R32 220
R33 220
R34 220
R35 220
R12 10k
R13 10k
R14 10k
R15 10k
R20 10k
R21 10k
R22 10k
R23 10k
R28 10k
R29 10k
R30 10k
R31 10k
5V_H
5V_H
5V_H
MOTOR_1
MOTOR_2
MOTOR_3
MOTOR_4
MOTOR_5
MOTOR_6
EN_1
EN_2
EN_3
EN_4
EN_5
EN_6

✓ 7404 & L298 & D & CONN

✓ Amplificatore operazionale

✓ ACS712

5V_L
IC4
CURRENT_1
HALL_1
1
2
7
3
4
IP+
IP+'
VIOUT
IP-
IP-'
VCC
FILTER
GND
8
6
5
C22
10n
C23
100n
ACS 712
0
5V_L
IC5
CURRENT_2
HALL_2
IP+
IP+'
VIOUT
IP-
IP-'
VCC
FILTER
GND
C24
10n
C25
100n
ACS 712
0

5V_L
IC6
CURRENT_3
HALL_3
IP+
IP+'
VIOUT
IP-
IP-'
VCC
FILTER
GND
C26
10n
C27
100n
ACS 712
0
5V_L
IC7
CURRENT_4
HALL_4
IP+
IP+'
VIOUT
IP-
IP-'
VCC
FILTER
GND
C28
10n
C29
100n
ACS 712
0

5V_L
IC8
CURRENT_5
HALL_5
IP+
IP+'
VIOUT
IP-
IP-'
VCC
FILTER
GND
C32
10n
C33
100n
ACS 712
0
5V_L
IC9
CURRENT_6
HALL_6
IP+
IP+'
VIOUT
IP-
IP-'
VCC
FILTER
GND
C30
10n
C31
100n
ACS 712
0

9. P.C.B

TOP

BOTTOM

10. SOFTWARE (COMMENTATO)

11. BIBLIOGRAFIA

Software utilizzati

- Cad di sviluppo elettronico;
- Ambienti di sviluppo per microcontrollore/microprocessore.

Testi

- E. Ambrosini; I. Perlasca, *l'Elettronica Applicazioni*, Tramontana;
- O. Bertazioli, *Telecomunicazioni B (seconda edizione)*, Zanichelli;
- E. Bove, G. Portaluri, *Tecnologie e disegno per la progettazione elettronica*, Tramontana.

Sitografia

- Wikipedia.

12. RICONOSCIMENTI

Team hardware

- Bontempi Stefano;
- Carloni Andrea;
- Serafini Luca.

Team software

- Brandi Alessandro;
- Dini Riccardo;
- Guidi Mattia.

Estensore progetto

- Federici Luca.